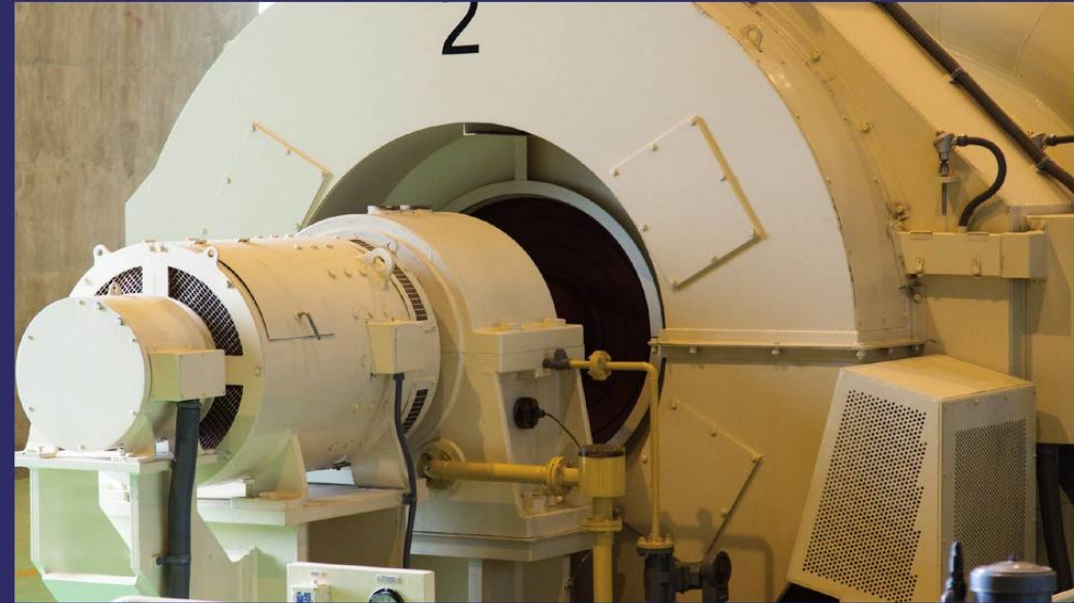


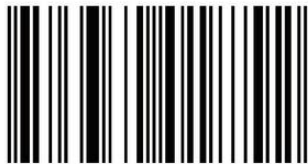
Работа посвящена вопросам перспективного развития теории и практики проектирования, создания, обслуживания и ремонта крупных турбогенераторов (ТГ). В работе, с использованием закономерностей теории «длинных волн» Кондратьева Н.Д. – общемировой основы оценки экономического и технического развития общества, определены направления развития мировой электроэнергетики. Подтверждена целесообразность и возможность прогнозирования ее развития на 40-50 лет с учетом мирового экономического кризиса и износа оборудования. На основании этих исследований и достижений мирового турбогенераторостроения, с целью обеспечения конкурентоспособности национального производителя, определены направления совершенствования крупных ТГ. Проанализированы основные направления проведения работ по улучшению их технико-экономических характеристик: расширение эксплуатационного диапазона изменения нагрузок, продление срока эксплуатации, применение новых теплоносителей и конструктивных решений для снижения массогабаритных показателей, повышения надежности и мощности. Особое внимание уделено вопросам создания ТГ с воздушным охлаждением, надежности шихтованных сердечников статоров, влиянию «человеческого фактора».



Валентина Шевченко



Шевченко Валентина Владимировна, к.т.н., доц., профессор кафедры "Электрические машины" Национального технического университета "ХПИ". Инженер-физик. Международный педагог в рамках IGIP. Научные интересы - энергосбережение в электромашиностроении, турбогенераторы. Имеет свыше 150 научных трудов, 60 методических разработок, 7 патентов, 4 монографии.



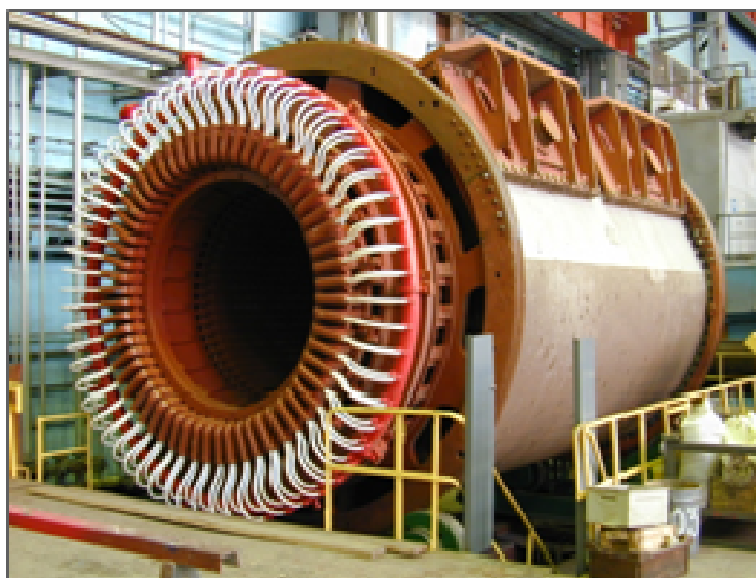
978-3-330-01879-2

Шевченко

## Перспективы создания конкурентоспособных турбогенераторов ТЭС и АЭС

Валентина Шевченко

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ  
КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ  
ТЭС и АЭС**



Валентина Шевченко. Перспективы создания конкурентоспособных турбогенераторов ТЭС и АЭС. - Deutschland: Saarbrücken. - LAP Lambert Academic Publishing. - 2016. - 144 p.

Работа посвящена вопросам перспективного развития теории и практики проектирования, создания, обслуживания и ремонта крупных турбогенераторов (ТГ). В работе, с использованием закономерностей теории «длинных волн» Кондратьева Н.Д. - общемировой основы оценки экономического и технического развития общества, определены направления развития мировой электроэнергетики. Подтверждена целесообразность и возможность прогнозирования ее развития на 40-50 лет с учетом мирового экономического кризиса и износа оборудования. На основании этих исследований и достижений мирового турбогенераторостроения, с целью обеспечения конкурентоспособности национального производителя, определены направления совершенствования крупных ТГ. Проанализированы основные направления проведения работ по улучшению их технико-экономических характеристик: расширение эксплуатационного диапазона изменения нагрузок, продление срока эксплуатации, применение новых теплоносителей и конструктивных решений для снижения массогабаритных показателей, повышения надежности и мощности. Особое внимание уделено вопросам создания ТГ с воздушным охлаждением, надежности шихтованных сердечников статоров, влиянию «человеческого фактора».

ISBN-13: 978-3-330-01379-2

ISBN-10: 3330013793

<https://www.morebooks.de/store/gb/book/Перспективы-создания-конкурентоспособных-турбогенераторов-ТЭС-и-АЭС/isbn/978-3-330-01879-2>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ. «ДЛИННЫЕ ВОЛНЫ» КОНДРАТЬЕВА .....	9
1.1 Обоснование применения теории «длинных волн» Кондратьева в электроэнергетике .....	9
1.2 Теория циклического развития мировой энергетики, как инструмент прогнозирования .....	15
1.3 Сценарии и роль кризисов в развитии национальной и мировой электроэнергетики .....	17
1.4 Факторы и методы обеспечения надежной работы турбогенераторов ..	24
1.5 Методы и средства контроля состояния турбогенераторов .....	37
2 ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ .....	41
2.1 Начало турбогенераторостроения .....	41
2.2 Новый этап создания турбогенераторов с полным воздушным охлаж- дением .....	49
3 НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРОСТРОЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЕГО КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ .....	51
3.1 Направления совершенствования турбогенераторов с учетом путей развития электроэнергетики .....	51
3.2 Поддержание конкурентоспособности турбогенераторов, как критерий их перспективного развития .....	56
3.2.1 Особенности обеспечения конкурентоспособности турбогенераторов .....	56
3.2.2 Факторы, ограничивающие предельную мощность	

турбогенераторов .....	58
3.2.3 Переход от водородного к воздушному охлаждению в турбогенераторах мощностью до 500 МВт .....	66
3.2.4 Современные тенденции проектирования турбогенераторов с учетом их теплового состояния .....	72
3.2.5 Модернизация турбогенераторов с целью уменьшения их массогабаритных показателей (кг/кВт) .....	76
3.2.6 Изменение конструкции с целью повышение эксплуатационной и технологической надежности. Установление типичных дефектов ТГ и снижение вероятности их развития .....	93
3.2.7 Критерии оценки надежности ТГ и влияние числа их отказов на выработку электроэнергии .....	99
3.2.8. Особенности конструирования статоров турбогенераторов .....	101
3.3 Повышение надежности шихтованных сердечников статора .....	105
3.3.1 Повышение технологической надежности сборки шихтованных сердечников .....	105
3.3.2 Расчет сил в шихтованном сердечнике статора турбогенератора ....	110
3.4 Особенности работы современных энергосистем и перспективный выбор электрооборудования .....	117
3.4.1 Режимы работы электрооборудования в условиях изменения энергопотребления .....	117
3.4.2 Применение асинхронизированных турбогенераторов для поддержания устойчивости электрических сетей .....	123
3.5 Учет человеческого фактора в обеспечении надежности работы электрооборудования .....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	132

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время турбогенераторы (ТГ) являются основными источниками электроэнергии и, соответственно, основой любой национальной энергетики. От ее будущего зависит, соответственно, востребованность ТГ. Поэтому, определяя направления совершенствования и проектирования новых ТГ, прежде всего надо понимать по какому пути будет развиваться энергетика, т.к. любое направление деятельности должно иметь перспективу, практическое продолжение. При всем разнообразии, выбор этого пути определяется общими проблемами и требованиями сегодняшней электроэнергетики:

1) электротехническая отрасль должна быть способной предложить промышленности новые типы энергоэффективного и энергосберегающего оборудования. Эксперты выделяют следующие препятствия для этого внедрения: отсутствие финансирования для замены или полноценного ремонта; отсутствие целенаправленной системы подготовки кадров, способных не только эксплуатировать новую технику, но и вносить определенный вклад в ее создание и развитие; недостаточность информации о принципах подбора энергоэффективного оборудования и о возможностях его сервисного обслуживания;

2) необходимо учитывать не только физическое, но и моральное старение ЭО, разрабатывать и поставлять на рынки новые, перспективные поколения электротехники. Мировая практика обновления технологий производства в области электротехники определяет необходимость проведения модернизации оборудования в среднем раз в 8–10 лет, но в массовом масштабе на электростанциях Украины обновление электротехнических установок не проводилось с 80–90-х годов 20 века, [1, 16, 52]. В программе «Обновленная энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г.», [16], было определено, что основной задачей обеспечения энергетической безопасности страны является повышение технико-экономических характеристик основного генерирующего оборудования – турбогенераторов: расширение эксплуатационного диапазона изменения их нагрузок, продление срока службы, применение новых конструктивных решений и теплоносителей, повышение качества ремонтных

работ. Это в результате должно привести к повышению надежности и конкурентоспособности;

3) требования экологической безопасности работающего ЭО, снижение уровня его влияния на загрязнение окружающей среды и глобальное потепление;

4) необходимость учета ограниченности углеводородных ресурсов. Уже в 20-м веке стал вопрос о конечности запасов энергоресурсов и о глобальном загрязнении окружающей среды. Значимость проблемы нарастает, тем более что негативные последствия развития энергетики накапливаются и проявляются все больше, особенно в промышленно развитых странах. Опубликовано много работ, доказывающих, что известных и предполагаемых энергоресурсов достаточно для обеспечения потребности в энергии до конца 21-го века. Но для этого необходимо пересмотреть энергетическую политику, делая упор на снижение удельного энергопотребления и сохранение окружающей среды, [16, 54, 57];

5) прогрессирующий рост населения определяет увеличение спроса на электроэнергию;

6) увеличиваются потери электроэнергии из-за износа ЭО.

Поэтому обязательными аспектами развития электроэнергетики является:

- обеспечение спроса на долгосрочные устойчивые источники энергии;
- необходимость экологической безопасности при ее использовании;
- внедрение приемов энергоресурсосбережения, что является одной из наиболее серьезных проблем для национального производителя, т.к. сегодня на производство единицы ВВП в Украине в среднем расходуется почти в 2-3 раза больше энергоресурсов, чем в европейских странах, [5].

В результате можно утверждать, что, определяя будущее энергетики и, соответственно, турбогенераторостроения, следует учитывать весь комплекс факторов, все направления и приоритеты развития с учетом:

- перспектив развития промышленности;
- технологических, ресурсных и экологических возможностей каждого конкретного государства;

- энергетические, политические, демографические и социо-культурные национальные проблемы;

- учитывать взаимное влияние всех факторов, сочетание количественного, качественного и экономического анализа перечисленных параметров.

Сегодня мы фактически находимся на перекрестке принятия решений. Какие направления развития электроэнергетики можно считать перспективными? Что следует развивать, во что делать финансовые вложения:

- 1) увеличивать мощность генераторов для строящихся блоков электростанций или отдать предпочтение малым источникам энергии с целью их приближения непосредственно к потребителю;

- 2) проводить модернизацию ТГ средней мощности (200-300 МВт), которые являются основными маневренными мощностями суточного регулирования энергобаланса в сетях, с целью продления срока их эксплуатации и повышения мощности на 10-15 % в каждой установленной единице или вести политику постепенного отказа от тепловых электростанций и создания электростанций с новыми типами источников энергии;

- 3) проводить общую техническую реконструкцию установленного на ТЭС электрооборудования, отработавшего паспортный срок, в том числе и ТГ, с использованием новых технических решений, внедрять новые приемы диагностики и последующей реабилитации или обязательно заменять изношенное ЭО новым;

- 4) отказаться от тепловой и атомной электроэнергетики и искать новые способы получения электроэнергии: от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), [38], создавать ЭО на высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП-ках), [64, 73] и т.д.;

- 5) сохранить прежние режимы работы машинного парка блоков электростанций или использовать новые режимы работающего оборудования: переводить устаревшие синхронные ТГ в режим синхронных компенсаторов (СК), устанавливать на работающих блоках, параллельно с синхронными генераторами, асинхронизированные турбогенераторы (АСТГ) для расширения диапазона регулирования баланса активной и реактивной мощности в сети.



Настоящая работа посвящена анализу основных направлений развития турбогенераторостроения с учетом перспективного развития национальной энергетики Украины. Но, возможно, основные положения могут быть интересны и для электроэнергетиков других стран.